

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.04.023

计算机辅助技术在冶金传输原理课程教学中的应用

朱奎松,王 军*,曹 丽,赵英涛

(攀枝花学院钒钛学院,四川 攀枝花 617000)

摘要:以冶金工程专业的专业基础课程冶金传输原理为例,从该课程教学过程中存在的特殊性和复杂性等角度出发,根据计算机辅助技术在冶金传输原理课程教学应用中的核心思想,提出了将虚拟仿真平台和数值模拟计算相结合并应用于冶金传输原理的一种新的计算机辅助技术,讨论了新的计算机辅助技术在冶金传输原理课程中的应用情况,最后以学生期末考试成绩和学生期末评教情况作为课程建设的评价和反馈依据。通过该技术在教学过程中的实施,能够明显提高课程的教学质量,调动学生的学习积极性。

关键词:计算机辅助技术;冶金传输原理;课程教学;教学方法

中图分类号:TF01-4;G434 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)04-0124-05

Application of Computer Aided Technology in the Curriculum Construction and Reform of Metallurgical Transmission Principles

ZHU Kuisong, WANG Jun*, CAO Li, ZHAO Yingtao

(Vanadium and Titanium College of Panzhihua University, Panzhihua, Sichuan 617000, China)

Abstract: Taking the professional basic course of metallurgical engineering: Metallurgical Transmission Principles as an example, from the perspective of the particularity and complexity of the teaching process of the course, the paper puts forward a new computer aided technology combining virtual simulation platform and numerical simulation based on the core idea of computer aided technology in the course design of Metallurgical Transmission Principles, and discusses the application of new computer aided technology in the course of Metallurgical Transmission Principles. Finally, students' final exam performance and students' final teaching evaluation are counted as the evaluation and feedback basis of curriculum construction. The implementation of this technology in the teaching process can significantly improve the teaching quality of the course and promote students' enthusiasm.

Keywords: computer aided technology; metallurgical transmission principle; curriculum teaching; teaching method

0 引言

冶金学是研究人类从自然资源矿产中提取有用金属和制造材料的学科。高等教育中冶金学的专业类别为冶金工程专业,该专业是将钢铁冶金、有色金属冶金、冶金物理化学合并后形成的一个宽口径专业。各学校根据自己所处地区的特色,冶金工程专业课程体系的设置有所不同^[1]。但是冶金传输原理是冶金工程专业的专业核心课程,该课程致力于冶金过程中物质传输和能量传输的基本问题,主要包括:动量传输、热量传输和质量传输^[2-3];

由于该课程内容复杂,概念抽象,公式繁多,传统教学过程中学生很难直观体会和深入理解冶金单元中涉及的物质传输和能量传输的本质问题,这对提高学生提高专业技术水平形成了一定的障碍^[4-6]。21世纪是一个信息化、网络化高速发展的时代,在国家实施创新驱动发展、“中国制造 2025”“互联网+”等重大发展战略的大背景下,计算机网络技术、多媒体技术和计算机数值计算技术等逐步被引入高等学校的课程建设中,促进了计算机辅助技术在专业课程的教学方法设计和教学改革中的应用。教师借助计算机辅助技术进行教学方法的改革,不仅可

收稿日期:2021-10-13

基金项目:2020 年度攀枝花学院教研教改项目(JJ2030)。

作者简介:朱奎松(1988—)男,四川仁寿人,讲师,博士,研究方向:冶金物化方面和数值模拟的基础研究工作。*通信作者:王军(1972—)男,四川乐山人,教授,硕士,研究方向:高等教育改革与发展。

以使课堂教学形式多样化,教学内容具体化,也可以激发学生对课程的学习兴趣,从而调动学生的学习积极性,充分发挥学生的自主学习能力,对改善课堂教学效果具有重要意义^[7-9]。但是传统的计算机辅助技术在高等教育课程中的应用主要表现在教学展示和教学平台应用,比如:数字式教学平台和虚拟仿真平台等方面。学生的学习也仅仅是基于自身线下学习为主,教学平台应用为辅,脱离教师的直接指导,这样对常规的专业课程,传统的计算机辅助技术在教学过程中适当引入可能效果比较理想,但是针对冶金传输原理课程这种具有复杂数理公式、逻辑性严密和专业领域应用性较强的专业基础课程而言效果并不理想。

基于此,本文提出一种基于数值模拟计算耦合虚拟仿真平台的一种全新的计算机辅助教学方法,将该教学方法引入冶金传输原理课程教学中,以期突破传统计算机辅助技术在课程教学中的应用局限;通过该教学方法的引入,在教学过程中学生首先通过数值模拟计算深入了解数理方程的基本意义,然后通过教学平台能够体验真实的操作工艺。这样学生在学习过程中不仅能够深入理解课程中数理方程的基本意义,同时也能够加深对冶金工艺的理解。在传输原理课程教学过程中引入这种新的教学方法必能促进冶金专业课教学过程数字化和信息化的进程,增加学生对冶金工艺研究的广度和深度,也能够让学生掌握更多冶金设备的设计、冶金生产过程的监控和操作的理论依据。

1 基于计算机辅助技术课程教学方法的核心思想

在冶金传输原理课程教学中采用的计算机辅助技术教学方法,其核心思想是:通过计算机数值模拟仿真软件对冶金工艺中的某一个冶金单元中涉及的动量传输、热量传输和质量传输的基本数理方程进行数值计算,通过数值模拟计算深入剖析传输过程中数理方程的基本意义;同时,在对应的虚拟仿真平台上开展该冶金单元具体操作的教学演示,并可以适当借助传统的计算机辅助手段,如:视频录制、PPT制作。这样,通过冶金过程数值模拟计算、虚拟仿真平台演示操作,结合部分的传统计算机辅助手段就形成了一种全新的计算机辅助技术。通过该教学方法的实施,让学生能够直接观察冶金过程中封闭冶金单元中的高温和高压条件下的复杂冶金反应过程,使得课程教学更有效,学生接受程度更高。在新的计算机辅助技术教学方法

的理念上,设计了冶金传输原理课程的教学方法的核心思想,如图1所示。

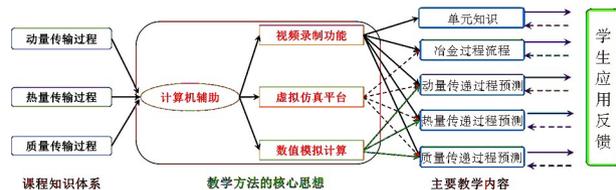


图1 冶金传输原理课程的教学方法的核心思想

从图1中可以发现,冶金传输原理课程内容的主要知识体系包括:动量传输过程、热量传输过程和质量传输过程。但是这些传输过程在冶金过程或某一冶金单元中并不是单一出现,大多数是以耦合过程出现,因此为了解决这种耦合性和复杂性课程在教学过程中存在的困难问题,在这一类课程教学过程中需要引入新的计算机辅助技术:首先采用传统计算机辅助技术开展视屏录制,对各个冶金单元或者每个传输过程中涉及的动量传递、热量传递和质量传递现象进行讲解,同时学生可以利用学校提供的教学平台进行重复学习,掌握基础知识点;其次,以冶金虚拟仿真平台为基础,针对确切的冶金单元开展仿真模拟,强化对冶金过程中的工艺流程、反应单元中涉及的动量传递、热量传递和质量传递等知识点的理解;最后,在学生对工艺流程和基本知识点熟悉后采用计算机数值模拟技术对冶金流程中的重点单元进行数值计算,预测冶金过程,比如采用计算流体力学软件模拟高炉炼铁过程中的煤气动量传输和热量传输、转炉炼钢过程中的吹氧数值模拟和连铸过程结晶器中的钢水流动和传热进行数值模拟仿真,让学生进一步深刻理解传输原理内涵。

2 虚拟仿真平台在冶金传输原理教学过程中的应用

冶金过程虚拟仿真平台主要是一套以炼铁生产仿真实训为主的虚拟仿真实训系统,主要包括了高炉炼铁、转炉炼钢、炉外精炼3个模块。炼铁生产仿真实训系统中的每个模块都配合声音、图像、动画及互动视景设备,通过三维漫游演示,部分应用高仿真度的3D技术,辅以动画,让使用者在应用该系统时仅需通过键盘操作,就能够以第一人称视角,多角度、全方位在工厂车间内行走,全视角展示出现场环境。这样具有强烈的代入感,并且有效地弥补了真机无法真实操作、实际操作容易出现事故等缺陷,达到熟能生巧的目的,提高学生的学习效果。图2是实训平台里炼铁模块中展示的高炉炼铁

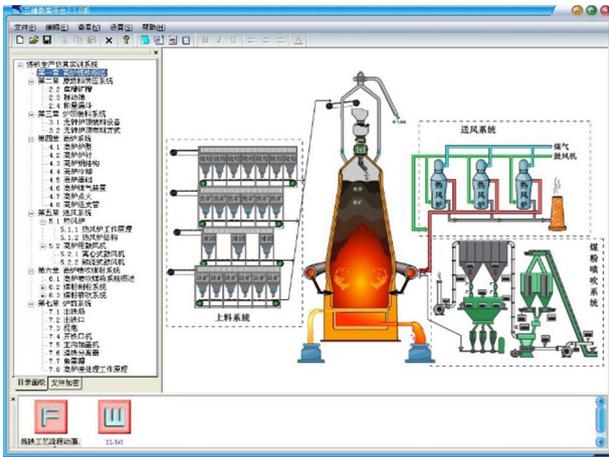


图 2 高炉炼铁虚拟仿真实训系统高炉炼铁工艺流程

虚拟仿真实训操作平台。

从冶金传输原理角度去理解高炉炼铁工艺流程,该流程中包括典型的物质流和能量流。从图 2 可以看出,高炉炼铁虚拟仿真实训系统中针对高炉的上料系统、高炉本体、送风系统和煤粉喷吹系统都有详细展示,可以通过操作界面对里面对应的单元进行操作,也能展示出高炉冶炼整个过程。在高炉冶炼过程中,物质流从风口回旋区焦炭点火开始,焦炭燃烧产生的煤气从风口向上传输,焦炭燃烧产生的热量通过传导、辐射和对流向炉顶传输;在煤气和热量向上传输的过程中伴随有矿石还原等复杂化学反应。如果单从课堂讲授的角度去分析,教师具有一定理论知识和生产实践积累,能够把高炉冶炼的传输过程讲解清楚,但是针对理论基础较为薄弱,仅参加过认识实习的大三学生而言,理解起来十分困难;基于此,在传输原理授课过程中,以虚拟仿真实训平台为基础,对冶金单元进行剖析,让虚拟仿真实训平台对各个单元的传输过程进行再现,学生根据虚拟仿真实训操作能够深入理解高炉炼铁过程,并对冶炼单元涉及的单一传输过程和耦合过程进行理解,对学生理论学习有很大助力,教师在课程准备和教学方法应用等方面也会有更多的参考素材,有利于提高教学质量。

3 计算流体力学在冶金传输原理教学过程中的应用

近年来,随着计算机技术在教学过程中的应用,数值计算广泛应用于冶金学理论和工艺的研究中。由于传统冶金学和传统的冶金工艺学所构成的知识体系和结构,已经不能完全满足现代冶金工艺发展和理论研究的需要,现代冶金工艺发展和理论研究要对冶金单元过程或者冶金反应的现象进

行定量解析,建立反应过程中的数学模型,以数学模型为基础,结合实际冶金过程,采用计算机进行数值求解,从而实现冶金反应过程的预测,或者以数学模型为基础,采用数值计算求解,实现对冶金反应器进行设计和研究。冶金传输原理是一门介绍冶金过程中,反应器内部存在的基本传输问题的学科;在冶金传输原理教学过程中以描述冶金反应基本传输问题的数理方程作为数值计算的数学模型,以冶金反应器为基础结合冶金传输原理课程中的相似理论建立冶金反应器的几何模型,将反应器的实际操作条件作为数值计算的定解条件或边界条件,结合数学模型、几何模型和定解条件,采用计算机去求解冶金反应过程中涉及基本传输问题的数理方程,预测冶金反应过程中反应器内部存在的传输现象。

以下从以非高炉炼铁反应器内气固两相流的数值计算为案例进行分析:非高炉炼铁典型的反应器为流化床。在传输原理教材中,与流化床内的气固两相流相关的数学模型有动量方程、连续性方程和气固两相的曳力模型,主要方程模型如下^[10]:

气固两相的动量方程:

$$\frac{\partial(\varepsilon_g \rho_g)}{\partial t} + \nabla \cdot (\varepsilon_g \rho_g \vec{u}_g) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial((1 - \varepsilon_g) \rho_p)}{\partial t} + \nabla \cdot ((1 - \varepsilon_g) \rho_p \vec{u}_p) = 0 \quad (2)$$

在气固两相流的运动过程中,通常采用 Gidaspow 的曳力模型分析气体对颗粒的作用力, Gidaspow 曳力模型结合了 Ergun 方程和 Wen&Yu 方程,在稀相区即气体体积分分数 $\varepsilon_g > 0.8$ 时使用 Wen&Yu 方程,在密相区即气体体积分分数 $\varepsilon_g \leq 0.8$ 时使用 Ergun 方程, Gidaspow 曳力模型涉及的主要方程如下^[10]:

$$\beta = 150 \frac{\varepsilon_s^2 \mu_g}{\varepsilon_g d_p^2} + 1.75 \frac{\rho_g \varepsilon_s}{d_p} |u_g - u_s|, \varepsilon_g \leq 0.8 \quad (3)$$

$$\beta = \frac{3}{4} C_D \frac{\varepsilon_s \varepsilon_g \rho_g}{d_p} \times \varepsilon_g^{-2.65} |u_g - u_s|, \varepsilon_g > 0.8 \quad (4)$$

式中,

$$C_D = \begin{cases} \frac{24}{Re} (1 + 0.15 Re^{0.687}), & Re < 1000 \\ 0.44, & Re \geq 1000 \end{cases} \quad (5)$$

$$Re = \frac{d_p \rho_g |u_g - u_s|}{\mu_g} \quad (6)$$

式中: β 为气固相间交换系数; ε_g 为气体体积分分数; ε_s 为固体颗粒的体积分分数; ρ_g 为气体密度; u_g 为固体颗粒速度矢量; u_s 为气体速度矢量; C_D 为有效曳

力系数; Re 为气体雷诺数; d_p 为固体颗粒直径; μ_g 为气体黏度; ρ_g 为固体颗粒密度; μ_p 为固体颗粒的速度; t 为时间。

以描述非高炉炼铁反应器内气固两相流的基本数理方程为基础,设计了二维反应器模型,采用计算流体力学软件对式(1)~(6)进行数值计算,得到反应器内气固两相流的流动情况如图3所示。

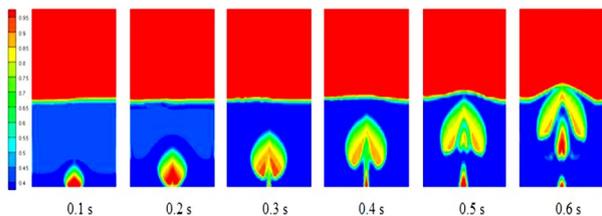


图3 非高炉炼铁反应器内气固两相流数值计算结果

从图3中可以直观地看到流化床床内气泡的形成、长大过程。当气体进入鼓泡流化床内时,气体在喷管管口附近不断富集,由此产生了气泡。随着进入鼓泡流化床内气体的增加,气泡逐步长大,且气泡的形状发生变化,渐渐地从中间大两头小,变成了上面小,中下部大的叶子状;使气泡向上运动的浮力也渐渐增加,最终等于床层表面的压力,气泡上浮。从0.1~0.6 s,气泡一直都很规整,为对称图形。

通过上述案例分析,以传输原理教材中提供的动量方程、连续性方程和气固两相的曳力模型为基础结合流体力学计算软件能够对冶金反应单元的反应器内部的流体动力学特征进行预测。这样可以将单一枯燥的数学方程式转变为可视的、连续的动态变化图,学生可以通过观察反应过程的流动特征,理解传输原理基本方程的应用。

4 教学反思

自2018年开始,攀枝花学院冶金专业传输原理课程教学基本已经形成了以计算机辅助教学为主,教材为辅的教学模式;采用计算机辅助能够通过视频录制将知识点讲解以视频模式共享给学生,学生可以反复观看视频,强化基本知识点;冶金流程可以采用冶金工程虚拟仿真实训平台,将整个冶金过程展示在教学过程中,计算流体力学仿真能够让学生从仿真结果来加深对基本传输过程方式和数学模型的理解。引入该教学模式,改变了传统传输原理的教学方法,使课堂讲授内容更丰富,学生接受效率更高,为了测试该教学模式的教学效果,统计

了2015—2020年冶金传输原理考试卷面平均分和学生评教结果,统计结果如图4所示。

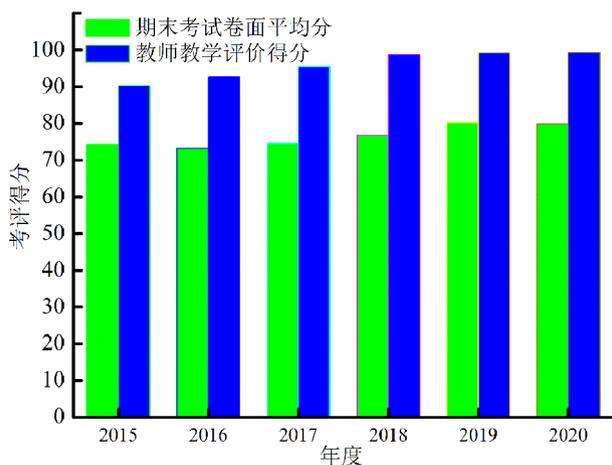


图4 2015—2020年冶金传输原理期末考试卷面成绩平均分与教师教学评价分数

从图4中可以发现,2015—2017年学生期末卷面成绩分别为74.25,72.23和74.36分。自2018年开始在冶金专业的冶金传输原理课程中开展计算机辅助教学方法后,2018—2020年学生期末考试的卷面成绩平均分分别为75.14,77.86和76.53分,对比2018—2020年3年期末考试卷面平均分和2015—2017年期末考试卷面平均分可以发现:课堂教学中实施计算机辅助教学教学方法提高了学生期末考试卷面平均分;同时,学生评教分数在2018年后也出现了较大幅度的增长,由此可以说明,该教学方式是有用的。

5 结论

1) 本文提出了一种新的基于计算机辅助技术-数值模拟计算耦合虚拟仿真平台的教学方法。在冶金传输原理课程教学过程引入这种教学方法,能够在一定程度上促进冶金专业课教学过程数字化和信息化的进程。

2) 冶金传输原理教学过程中,可以通过计算机辅助针对基本知识点进行视频录制、针对冶金流程教学引入冶金工程虚拟仿真平台进行教学、针对冶金反应单元过程可以采用计算流体力学仿真软件对冶金单元传输过程进行冶金过程再现。

3) 以学校近3年冶金传输原理上课情况和课后考核为例,在冶金传输原理课程教学过程中引入计算机辅助技术在一定程度上能够提高学生学习效率,增加学生对课程认可程度。

参考文献:

- [1] 张淑会,刘然,石焱,等.冶金原理课程改革[J].河北联合大学学报(社会科学版),2015,15(4):87-90.
- [2] 沈颐身,李保卫,吴懋林.冶金传输原理基础[M].北京:冶金工业出版社,2000:1-7.
- [3] 金永丽,赵增武.冶金传输原理与反应工程课程教学改革[J].中国冶金教育,2020(3):36-37+41.
- [4] 李九霄,李方杰,杨冬野,等.《冶金传输原理》课程教学方法改革探索[J].科技风,2020(33):30-31.
- [5] 左海滨.《冶金传输原理》教学改革与创新[J].教育教学论坛,2016(50):87-89.
- [6] 郁青春,施哲,徐宝强,等.冶金传输原理课程的“教”与“学”[J].中国冶金教育,2012(2):23-25+29.
- [7] 赫冀成,雷洪,王强,等.计算冶金学[M].北京:科学出版社,2019:29-315
- [8] 雷洪,赵岩.冶金过程仿真程序设计教学探索[J].中国冶金教育,2020(5):15-16+19.
- [9] R ÜDIS ÜLI M, SCHILDHAUER T J, BIOLLAZ S M A, et al. Bubble characterization in a fluidized bed by means of optical probes[J]. International Journal of Multiphase Flow, 2012, 41: 56-67.
- [10] GIDASPOW D. Multiphase flow and fluidization: continuum and kinetic theory descriptions[J]. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 1994, 55(2): 207-208.

(上接第 92 页)

- [26] YONG Y, XIAO H, CHANG S. Geographical differences in blood pressure of male youth aged 17-21 years in China[J]. Blood Pressure, 2004, 13(3): 169-175.
- [27] 潘纯,邱海波. 静脉回流:重症医学医师值得关注的心功能之外的问题[J]. 中华重症医学电子杂志, 2016, 2(2): 75-80.
- [28] 皮照兴. 论太极拳在调节生理机能中的作用[J]. 中国科技信息, 2005(11): 169.
- [29] 白天寅. 论太极拳运动在调节生理机能中的作用[J]. 科技信息(学术研究), 2007(36): 215-216.
- [30] 刘碰. 头低位强腹式呼吸训练对大学生心功能影响研究[D]. 安庆: 安庆师范大学, 2021.